

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

13.11.03

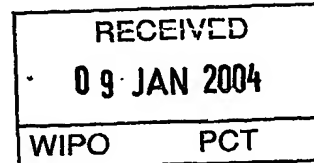
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2002年11月13日

出 願 番 号
Application Number: 特願2002-329847
[ST. 10/C]: [JP2002-329847]

出 願 人
Applicant(s): 日本軽金属株式会社
東洋アルミニウム株式会社

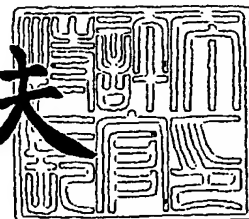


PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2003年12月18日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 P-012012

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 B23K 20/00

【発明者】

【住所又は居所】 静岡県庵原郡蒲原町蒲原 1 丁目 3 4 番 1 号 日本軽金属株式会社 グループ技術センター内

【氏名】 岡庭 茂

【発明者】

【住所又は居所】 滋賀県蒲生郡日野町大字大谷字東山 3 4 1 1 4 東洋アルミニウム株式会社 日野工場内

【氏名】 楠井 潤

【発明者】

【住所又は居所】 新潟県新潟市太郎代 1 5 7 2 - 1 9 日本軽金属株式会社 新潟工場内

【氏名】 西山 俊正

【発明者】

【住所又は居所】 静岡県庵原郡蒲原町蒲原 1 丁目 3 4 番 1 号 日本軽金属株式会社 グループ技術センター内

【氏名】 石井 秀樹

【特許出願人】

【識別番号】 000004743

【氏名又は名称】 日本軽金属株式会社

【代表者】 佐藤 薫郷

【特許出願人】

【識別番号】 399054321

【氏名又は名称】 東洋アルミニウム株式会社

【代表者】 垣谷 公仁

【代理人】

【識別番号】 100092392

【弁理士】

【氏名又は名称】 小倉 亘

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011660

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 アルミニウム粉末合金の接合方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 急凝固アルミニウム合金粉末を加圧焼結した成形体を、摩擦攪拌接合法により接合することを特徴とするアルミニウム粉末合金の接合方法。

【請求項 2】 成形体が、急凝固アルミニウム粉末合金とセラミックス粒子の混合物を加圧焼結した複合材である請求項 1 に記載のアルミニウム粉末合金の接合方法。

【請求項 3】 セラミックス粒子の平均粒径が $10\ \mu\text{m}$ 以下である請求項 3 に記載のアルミニウム粉末合金の接合方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】

本発明は、アルミニウム粉末合金からなる成形体の接合方法に関する。特に成形体がアルミニウム複合材料である場合に効果的である。

【0002】

【従来技術】

アルミニウム合金粉末を、成形・焼結したアルミニウム粉末合金は、合金組成の選択・調整や加工方法の改良により、高強度、耐熱性、耐摩耗性、高ヤング率、低熱膨張係数等、各種の特性に優れたものが得られるようになり、広く使用されるようになった。特に急凝固法で得られた合金粉末を成形・焼結したものは、粉末調製法に由来した微細組織を受け継ぎ、微細金属組織を有する成形体を得られるので、機械構造部品として広く使用されている。

しかしながら、成形方法からの制限により、成形品形状に限界がある。そのため、適宜形状に成形・焼結したアルミニウム粉末合金を溶接法により所望形状に接合し、使用されている。そして、その溶接法として、MIG 溶接や TIG 溶接に代表されるアーク溶接法が採用されている。

例えば、特表 2002-504186 号公報には、各種特性変更のために添加されたセラミックス粒子を含有するアルミニウム粉末の加圧焼結体を熱処理後、慣用の溶接法で相互に接合することが記載されている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

アーク溶接法では、アルミニウム合金は電気伝導度や熱伝導度が高いために、大電流を流す必要がある。また、熱が発生するために熱ひずみによる変形、熱影響部の強度低下、ブローホール等の溶接欠陥が生じやすい。特にアルミニウム粉末合金の場合、脱ガスを十分に行なっていないと、材料中の含有水素量が $20 \sim 30 \text{ cc} / 100 \text{ g}$ にもなり、通常の鑄造材 ($1 \text{ cc} / 100 \text{ g}$ 未満) に比べて非常に多くなる。このため、溶接時に多数のブローホールが発生する。水素含有量は、焼結前の真空脱ガス処理を行なうことや、焼結を真空中で行なうことにより軽減可能であるが、それでも $1 \sim 5 \text{ cc} / 100 \text{ g}$ は含まれており、ブローホールを発生させる可能性はなくなる。また、長時間の真空中での脱ガス処理により粉末表面より蒸気圧の低い元素が失われる可能性があることに加えて、長時間の加熱により微細組織の粗大化が起こってしまう。さらに通常の溶接法では接合部が溶融するため、急冷凝固粉末を使用したことによる微細化した金属組織が、溶融部分とその周辺部、特に溶融部分が粗大化してしまい、接合部の強度が他の部分と比較して低下し、急冷凝固粉末を使用したことのメリットがなくなってしまう。

【0004】

さらにまた、成形体が分散強化材等との複合材である場合、溶接には溶加材が使用される。しかしながら、溶加材には分散物（強化材）が含まれていないので、溶接接合部は分散物（強化材）が含まれていない状態となり、他の部分と比較して接合部の強度が低下する。

本発明は、このような問題を解消すべく案出されたものであり、接合部の強度が他の部分の強度と同等なアルミニウム粉末合金の接合方法を提供することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】

本発明のアルミニウム粉末合金の接合方法は、その目的を達成するため、急冷凝固アルミニウム合金粉末を加圧焼結した成形体を、摩擦攪拌接合法により接合することを特徴とする。

成形体としては、急冷凝固アルミニウム粉末合金とセラミックス粒子の混合物を加圧焼結した複合材が好ましい。またこの際、セラミックス粒子としては平均粒径 $10\ \mu\text{m}$ 以下のものを使用することが好ましい。

摩擦攪拌接合は、ピンの回転数 $500\sim3000\text{rpm}$ 、移動速度 $200\sim1000\text{mm/分}$ 、回転体ショルダー部の押込み深さを $0\sim1\text{mm}$ にする条件で行なうことが好ましい。

なお、本発明の接合法は、粉末合金同士の接合に限られるものではなく、接合する材料の片方がアルミニウム粉末合金であれば良い。

【0006】**【作用】**

摩擦攪拌接合法では、図 1 に示すように、同軸上の先端部にピン 24 を取り付けけた回転子 2 を回転させ、ピン 24 を回転させながら 2 つの被接合材 3, 4 の突合せ部に押込んでいる（特表平 9 - 5 0 8 0 7 3 号公報）。ピン 24 による摩擦熱で被接合材の突合せ部は加熱され、さらに押込まれたピン 24 の回転で攪拌される。加熱および攪拌で塑性流動したメタルは、両被接合材 3, 4 の間で互いに混じり合い、ピン 24 が通りすぎた時点で熱が急速に奪われることにより固化し、両被接合材 3, 4 の間に接合部 5 が形成される。なお、図 1 中、22 は動力源に接続される上側部分、23 はピン 24 が取り付けられた下側部分で、1 が回転子 2 を備えた非消耗プローブである。

摩擦攪拌接合法では、接合部は、アーク溶接法等と異なって熔融させることなく、単に摩擦熱と強烈な攪拌力で接合部のメタルが塑性流動化されて互いに混じり合っている。このため、接合部はあまり高温になることがないので、金属組織が粗大化したり、ブローホールが発生することがない。したがって、接合部の機械的強度が低下することはない。

さらに、粒子分散複合材料を接合する場合であっても、摩擦攪拌接合法では、

被接合材の間に溶加材が入って接合するのではなく、被接合材同士が混じりあって接合されるので、接合部にも分散粒子が存在する。しかも、熱による変形やブローホールの発生もない。したがって、接合部の機械的強度の低下はない。

接合部において、被接合材の金属の塑性流動性を確保するためには、混合するセラミックス粒子の大きさは平均粒径で $10\ \mu\text{m}$ 以下にすることが好ましい。これより大きいと、接合部における流動性が確保できず、セラミックス粒子は均一に分散せず、接合部の強度として所期のものが得られなくなる。また回転ピンの摩耗も早い。

【0007】

【実施の態様】

本発明では、先ずアルミニウム合金急冷凝固粉末を用意する。急冷凝固粉末の調製方法としては、ガスアトマイズ法が適している。用意するアルミニウム合金粉末としては、平均粒径 $20\sim 100\ \mu\text{m}$ の大きさのものが好ましい。平均粒径が $20\ \mu\text{m}$ に満たないものの製造は困難であり、かつ流れ性が良くないので取り扱いが困難になる。逆に、 $100\ \mu\text{m}$ を超えると加圧焼結したときに金属組織が粗大化し、十分な機械的強度が得られず粉末合金としたメリットがなくなる。

次に得られた合金粉末を、アルミニウム缶に封入したり、冷間静水圧成形 (CIP) や放電プラズマ焼結等を行なってハンドリングし易くする。なお、複合材とする場合には、この段階でアルミニウム合金粉末にセラミックス粒子を混合する。目的によって異なるが、混合するセラミックス粒子としては、酸化物系、炭化物系、窒化物系、ホウ化物系の Al_2O_3 , ZrO_2 , SiC , B_4C , WC , AlN , Si_3N_4 , BN , TiB_2 等が挙げられる。複数種のセラミックス粒子を混合させても良い。セラミックス粒子の配合量は目標とする特性が得られるように調整する。この点は、従来の技術と同じである。

【0008】

予備的な処理を施してハンドリングしやすくしたアルミニウム合金粉末は、次に加圧焼結されるが、その前に真空吸引等の脱ガス処理を施すことが好ましい。なお、脱ガス処理は加熱しながら行なうとガスも抜けやすく、一部焼結も進行するので好ましい。好ましくは 200°C 以上、さらに好ましくは 450°C 以上に加

熱しながら脱ガス処理することが好ましい。

加圧焼結方法としては、通常の加圧状態での焼結の他に、押出し、鍛造、圧延等の熱間加工法でもよい。また、一旦熱間押出しや熱間圧延したものを、熱間鍛造加工で再度変形を加えた方法でもよい。

【0009】

そして得られた加圧焼結体を摩擦攪拌接合によって接合する。なお、目的によっては、摩擦攪拌接合の前か後に、成形体に熱処理を施しても良い。

摩擦攪拌接合は、回転ピンの回転数500～3000rpm、移動速度200～1000mm/分、回転体ショルダー部の押込み深さを0～1mmにする条件で行なうことが好ましい。

回転数が3000rpmを超えたり、移動速度が200mm/分未満であったりすると、接合部が高温になって溶融してしまい、金属組織が粗大化することがある。逆に、回転数が500rpmに満たなかったり、移動速度が1000mm/分を超えると、回転体に負荷がかかりすぎ、回転ピンが折損することがある。回転体ショルダー部の押込み深さが0未満、すなわちショルダー部が接合部に接触していないと、接合部がフリーな状態で接合されることになるので、接合部の組織の流動が大きくなりすぎ、正常な接合組織が得られない。このため、接合強度が弱くなる。逆に回転体ショルダー部の押込み量が1mmを超えると、回転ピンに負荷がかかりすぎ、回転ピンが折損することがある。

【0010】

【実施例】

実施例1:

表1に示す成分組成のアルミニウム合金を空気アトマイズ法により平均粒径5 μ mの粉末にした。

得られた合金粉末を冷間静水圧成形(CIP条件:1200kg/cm²)で、円筒状のピレット(直径95mm)に成形した。得られたピレットを真空炉中で560℃×2時間保持して脱ガス処理と焼結を行った。常温まで冷却した後、誘導加熱で500℃まで加熱し、4mm厚の平板状に押出し加工(加圧焼結)した。押出し後、T6処理(520℃×1hr→水焼き入れ→180℃×6hrの

人工時効処理)を施し、試験材とした。

得られた平板状の試験材同士を摩擦攪拌接合(接合条件：回転速度 1 5 0 0 r p m, 移動速度 4 0 0 mm/分, 押込み深さ 0. 5 mm)により接合した。

得られた材料から接合部を含む引張り試験片を作製し、引張り試験を行なった。その結果を表 2 に示す。

比較例として、コの字形状の押出し材同士を M I G 溶接(溶加材として、J I S A 4 0 4 3 を使用。)により接合した。得られた材料から接合部を含む引張り試験片を作製し、上記と同様の引張り試験を行なった。その結果も併せて表 2 に示す。

【 0 0 1 1 】

表 1 : 供試材の成分組成 (質量%)

合金 No.	Si	Fe	Mg	Cu	Cr	Sm	Gd
1	0.6	0.2	0.8	0.3	0.2	—	—
2	0.8	4.8	0.9	0.2	0.3	—	—
3	2.0	2.0	2.5	1.0	—	—	2.0
4	2.0	2.0	2.5	1.5	—	5.3	—
5	25	0.2	0.9	0.2	0.3	—	—

【0 0 1 2】

表 2：接合方法と機械的特性

合金 No.	接合方法	引張強度 (MPa)	耐力 (MPa)	伸び (%)	区 分
1	FSW	380	367	10.6	発 明 例
2	FSW	412	387	8.7	
3	FSW	369	342	5.8	
4	FSW	325	309	4.9	
5	FSW	381	341	0.7	
1	MIG	121	測定不能	測定不能	比 較 例
2	MIG	89	測定不能	測定不能	
3	MIG	79	測定不能	測定不能	
4	MIG	111	測定不能	測定不能	
5	MIG	測定不能	測定不能	測定不能	

FSW：摩擦攪拌接合法

MIG：MIG 溶接法

【0 0 1 3】

表 2 の結果からもわかるように、本発明方法である摩擦攪拌接合法を適用した本発明例のものでは、接合部を含む引張り試験でも高い強度が得られている。

一方、比較例である M I G 溶接したものは、引張り試験が困難なほど、機械的強度や伸びが低くなっている。これは、ブローホールおよび金属組織の粗大化が影響しているものである。実際に M I G 溶接したものについて、超音波探傷装置で調査したところブローホールと思われる欠陥が多数確認された。

本発明例である摩擦攪拌接合の接合部についても超音波探傷装置で調査したところ欠陥は確認されなかった。また、引張り試験後の破断面を観察したところ通常の延性破面であった。

【0 0 1 4】

実施例 2：

表1中の合金No. 2と3のアルミニウム合金粉末（平均粒径 $55\mu\text{m}$ ）に、表3に示す平均粒径および配合量で Al_2O_3 、 SiC 、 B_4C 、 AlN のセラミックス粒子を混合した混合物を、実施例1と同じ方法で粉末成形、押出し成形および接合を行い、得られた材料を実施例1と同じ試験方法で引張り試験した。

その結果を併せて表3に示す。

【0015】

表3：セラミックス粒子配合量と機械的特性

合金 No.	セラミックス粒子			接合方法	引張強度 (MPa)	耐力 (MPa)	伸び (%)	区分
	種類	粒径 (μm)	配合量 (質量%)					
2	Al_2O_3	8	8	FSW	440	420	6.5	発 明 例
2	Al_2O_3	20	8	FSW	410	380	4.3	
2	SiC	8	15	FSW	480	455	2.0	
3	B_4C	9	5	FSW	435	412	4.8	
3	AlN	8	5	FSW	398	374	6.0	
2	Al_2O_3	8	8	MIG	165	—	—	比 較 例
2	SiC	15	15	MIG	140	—	—	
3	B_4C	9	5	MIG	280	130	1.5	
3	AlN	8	5	MIG	175	110	1.0	

FSW：摩擦撹拌接合法

MIG：MIG溶接法

【0016】

表3の結果からもわかるように、本発明方法である摩擦撹拌接合法を適用した本発明例のものでは、接合部を含む引張り試験でも高い強度が得られている。また、セラミックス粒子として $10\mu\text{m}$ を超えるものを含有させた合金No. 2に比べて、 $10\mu\text{m}$ 未満のものを含有させた合金No. 1のものは高い強度が得られている。さらに、接合後、回転ピンを観察したところ、セラミックス粒子として $10\mu\text{m}$ を超えるものを含有させた合金No. 2では、他に比べて回転ピンが

著しく摩耗していることが観察された。

一方、比較例であるM I G溶接したものは、引張り試験が困難なほど、機械的強度や伸びが低くなっている。これは、ブローホールおよび金属組織の粗大化が影響しているものである。実際にM I G溶接したものについて、超音波探傷装置で調査したところブローホールと思われる欠陥が多数確認された。また、破断面を見てもセラミックス粒子は観察されなかった。

本発明例である摩擦攪拌接合の接合部についても超音波探傷装置で調査したところ欠陥は確認されなかった。

【0 0 1 7】

【発明の効果】

以上に説明したように、本発明方法により、急冷凝固法で得たアルミニウム合金粉末の加圧焼結体を摩擦攪拌接合法により接合すると、接合部は溶融されることなく接合されるので、粉末合金の溶接時に発生しやすいブローホールの生成もなく、また組織の粗大化も起こらない。このため、粉末合金本来の機械的特性を維持したままの接合が可能になる。特に強化材としてセラミックス粒子を含有させた複合材料の接合に利用すると、本来の粒子強化作用が維持された接合体が得られる。

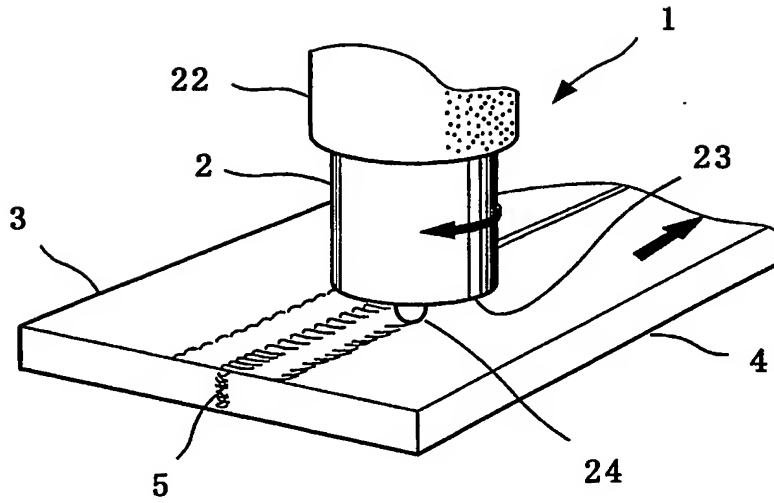
この技術により、アルミニウム粉末合金、特に複合材料の使用範囲が飛躍的に拡大することが期待できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 摩擦攪拌接合方法を説明する図（特表平 9 - 5 0 8 0 7 3 号から引用）

【書類名】 図面

【図 1】



【書類名】 要約書

【要約】

【目的】 接合部の強度が他の部分の強度と同等なアルミニウム粉末合金の接合方法を提供する。

【構成】 急冷凝固法で得たアルミニウム合金粉末の加圧焼結体を摩擦攪拌接合法により接合する。

接合部は熔融されることなく接合されるので、ブローホールの発生や組織が粗大化することがなく、アルミニウム粉末合金の本来の特性を維持したまま接合される。

【選択図】 なし

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2002-329847
受付番号	50201716120
書類名	特許願
担当官	第三担当上席 0092
作成日	平成14年11月14日

<認定情報・付加情報>

【提出日】	平成14年11月13日
-------	-------------

次頁無

特願 2 0 0 2 - 3 2 9 8 4 7

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 4 7 4 3]

1. 変更年月日

1 9 9 6 年 2 月 1 3 日

[変更理由]

住所変更

住 所

東京都品川区東品川二丁目 2 番 2 0 号

氏 名

日本軽金属株式会社

特願 2002-329847

出願人履歴情報

識別番号

[399054321]

1. 変更年月日
[変更理由]

1999年10月 8日

名称変更

住所変更

住 所
氏 名

大阪府大阪市中央区久太郎町三丁目6番8号
東洋アルミニウム株式会社